



**Universidad**  
Zaragoza

**MODIFICACIONES PRODUCIDAS SOBRE  
LA FRECUENCIA CARDIACA Y LA FUERZA  
TRAS 10 SEMANAS DE ENTRENAMIENTO  
CON *CROSS-CIRCUIT***

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**Eduardo Arnaudas Casanueva**

**Huesca 2013**

# **“MODIFICACIONES PRODUCIDAS SOBRE LA FRECUENCIA CARDIACA Y LA FUERZA TRAS 10 SEMANAS DE ENTRENAMIENTO CON *CROSS-CIRCUIT*”**

Memoria que presenta el alumno Eduardo Arnaudas Casanueva  
para aspirar al título de Graduado en  
Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Este Proyecto de Fin de Grado ha sido realizado  
bajo la dirección del Profesor:

Dr. D. Francisco Pradas de la Fuente

Eduardo Arnaudas Casanueva,

Aspirante a Graduado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Huesca, 2013.

# **PRÓLOGO**

"Esfuézate al máximo una y otra vez. No cedas ni un centímetro hasta que no suene la bocina final".

Larry Bird (1956- actualidad)

He llegado al fin de una etapa fundamental en mi desarrollo tanto intelectual como personal, la finalización del Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Con este Proyecto de Fin de Grado daré por terminado un capítulo de mi vida, y espero y anhelo con ilusión los siguientes con más fuerzas y ganas que nunca.

La consecución de este trabajo no habría sido posible sin aquellas personas que me han facilitado su desarrollo. Por ello quiero mostrar mi agradecimiento a mi tutor, el Dr. D. Francisco Pradas de la Fuente, por su asesoramiento durante el proceso de desarrollo de este Estudio.

A la Universidad de Zaragoza, y en concreto a los Técnicos del Laboratorio Biomédico por ser tan atentos y cuidadosos a la hora de prestarme el material para la realización de mi estudio.

Al Centro Deportivo Parque Alameda por facilitarme el acceso, tanto a las instalaciones y a la actividad, como a las personas que formaron parte de la investigación.

Quiero mostrar sobre todo un enorme agradecimiento a las doce personas que han participado en mi estudio de principio a fin, y a aquellas que tuvieron que abandonarlo por cuestiones físicas, por su constancia y su responsabilidad, ya que sin ellos no habría sido posible llevar a cabo esta pequeña investigación.

Unas breves palabras para mi familia y amigos, pero en concreto para mis padres que siempre han estado apoyándome y dándome palabras de ánimo en momentos de flaqueza.

Muchas gracias a todos de corazón.

## **RESUMEN**

La actividad física, las nuevas modalidades deportivas o las disciplinas emergentes permanecen en constante evolución e innovación con el transcurso de los años. *El Cross-circuit* es una de esas nuevas modalidades de actividad física, la cual es apenas un neonato en el campo de la investigación deportiva, como consecuencia de su corta existencia.

En la actualidad, concretamente más alejado del alto rendimiento, se buscan nuevos métodos de entrenamiento en los que se trabaje en sesiones de poca duración y a una intensidad elevada, donde se obtengan resultados positivos significativos a corto plazo.

En los últimos años la actividad física está recabando un enorme protagonismo en la sociedad y cada vez son más las personas que buscan nuevas disciplinas o entrenamientos que les permitan entrenar cortos periodos de tiempo y de manera eficiente.

El objetivo de esta línea de investigación ha sido comprobar, siguiendo un protocolo metodológico adecuado, si el *Cross-circuit* induce modificaciones de dos variables concretas, la frecuencia cardiaca y la fuerza.

Para ello se ha seleccionado una muestra de clientes de un centro deportivo en la ciudad de Huesca en el que se practicaban sesiones de *Cross-Circuit* de 30 minutos dos veces a la semana.

Se realizó un pretest y un postest de las diferentes manifestaciones de la fuerza explosiva, máxima y resistencia; antes y después de 10 semanas realizando un entrenamiento de *Cross-circuit* de forma ininterrumpida.

Paralelamente se realizó un seguimiento con pulsómetros a todos los sujetos para recopilar datos sobre su actividad cardiaca durante las sesiones de entrenamiento.

Los resultados obtenidos de las variables analizadas muestran cambios significativos ( $p < 0,05$ ) en cuanto a los parámetros de fuerza y de frecuencia cardiaca.

En función de los resultados se puede concluir que el *Cross-circuit* es una actividad muy completa, para realizarse en tan sólo 25 minutos de trabajo específico y que aporta un conjunto de beneficios tanto a nivel cardiovascular como muscular.

Un entrenamiento de 10 semanas de *Cross-circuit* es suficiente para producir una reducción de la frecuencia cardiaca a lo largo de las sesiones y lograr un aumento significativo de las diferentes manifestaciones de la fuerza al cabo de dicho tiempo.

# ÍNDICE

1. Introducción.....	6
2. Marco teórico .....	7
A. ¿Qué es el <i>Cross-circuit</i> ? .....	7
B. Metodología de entrenamiento.....	8
C. Materiales .....	8
3. Metodología del estudio .....	12
A. Objetivos .....	12
B. Población.....	12
Criterios de inclusión y de exclusión .....	13
Método de selección de la muestra.....	14
C. Diseño del estudio.....	14
D. Hipótesis del estudio.....	15
E. Material y métodos .....	15
Parte 1: Test de fuerza .....	16
Parte 2: Registros cardiovasculares .....	20
Parte 3: Registros de la composición corporal .....	21
Sesión de entrenamiento tipo .....	21
Análisis estadístico .....	24
4. Resultados.....	25
A. Medidas de las frecuencias cardiacas .....	25
B. Medidas de las fuerzas.....	32
C. Bioimpedancia.....	35
5. Discusión .....	36
Comportamiento observado en la actividad cardiaca.....	37
Comportamiento manifestado en la fuerza .....	38
Comportamiento morfológico observado .....	41
6. Limitaciones del estudio .....	42
7. Conclusiones .....	43
Bibliografía.....	45
Anexos .....	47

# **1. INTRODUCCIÓN**

En las siguientes páginas se plasma detalladamente el proceso de ejecución y los resultados obtenidos en el estudio “Modificaciones producidas sobre la frecuencia cardiaca y la fuerza tras 10 semanas de entrenamiento con Cross-circuit”, realizado como Trabajo de Fin de Grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

En la elección del tema de estudio se dieron una serie de circunstancias que nos llevaron a tomar la decisión de que este proyecto podía ser idóneo para cumplir el principal objetivo que tiene un Trabajo de Fin de Grado, demostrar los conocimientos adquiridos y la aplicación práctica de estos a lo largo de la formación como profesional de la actividad física.

La realización de este estudio ha requerido de una serie de procesos y etapas, que tienen como finalidad la obtención de un conjunto de datos y conclusiones que ayuden a comprender la metodología de investigación de campo, así como completar la formación del Grado. Adicionalmente, es interesante que el trabajo realizado tenga la validez de un proyecto o estudio científico y que, como tal, tenga cierto valor empírico. Al fin y al cabo, lo más importante de un estudio es que sirva para hacer progresar la ciencia en la que se encuadra.

Tras esta breve introducción de cuál ha sido la iniciativa para llevar a cabo este trabajo, describiremos con brevedad los porqués de su elección y su contenido.

En primer lugar, este trabajo se complementaba a la perfección con el Practicum realizado por el autor en el Centro Deportivo Parque Alameda, lo que permitía un acceso directo a los sujetos que podrían ser objeto del estudio y a las instalaciones deportivas que este requería.

Por otro lado, el *Cross-circuit*, que es el protagonista principal del estudio, es una actividad muy completa y está experimentando un importante auge en la actualidad. Llama mucho la atención la intensidad y el importante trabajo que se lleva a cabo en ella, tanto de aplicación de fuerza muscular específica como cardiovascular. Se trata de una actividad muy integradora donde trabajan todos los grupos musculares y donde se produce un gasto energético importante. Por esta razón resulta interesante estudiar la evolución de una serie de variables de los sujetos que realizan este tipo de actividad y que, en nuestro caso, se controlarían a lo largo de 10 semanas.

Antes de estipular los objetivos elegidos para su posterior evaluación y discusión, es oportuno conceptualizar qué es exactamente el *Cross-circuit*.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **A. ¿QUÉ ES EL *CROSS-CIRCUIT*?**

El *Cross-circuit* es un novedoso método de entrenamiento, que nace de las manos de los mejores expertos en fitness de Estados Unidos (Glassman, 2001).

Esta modalidad física se caracteriza por:

#### *- Creatividad y variedad constante de ejercicios*

Cada entrenamiento es distinto que el anterior, por lo que una de las principales ventajas que tiene esta forma de entrenar es alejar al que la practica de la rutina diaria de las mancuernas y las máquinas convencionales.

#### *- Movimientos funcionales*

Se trabaja todo el cuerpo como conjunto, aprovechando todas las posibilidades del mismo. Este entrenamiento no aísla el trabajo muscular como ocurre cuando ejercitamos nuestro cuerpo con máquinas convencionales del gimnasio o con peso libre. Los movimientos que se practican en *Cross-circuit* son aquéllos que se pueden utilizar en la vida diaria o más específicos de algún deporte, puesto que son movimientos más naturales, generalmente multiarticulares y por ello los resultados de su práctica son muy efectivos.

#### *- Alta intensidad durante el entrenamiento:*

Se prepara al cuerpo para que pueda superar grandes esfuerzos y se noten mejoras tras unas cuantas sesiones. Hay que destacar que los más amateurs tendrán mayores adaptaciones al principio, puesto que su reserva actual de entrenamiento probablemente será más baja (a no ser que realicen otra actividad física o practiquen algún deporte que requiera un esfuerzo elevado) y por lo tanto un pequeño estímulo les proporcionará grandes cambios y adaptaciones al principio.

Como todo deporte o modalidad de fitness, poco a poco se irá aumentando la intensidad de las sesiones a medida que se vaya adquiriendo mejor forma física, comprobándose las mejoras que supone la práctica del *Cross-circuit*.

Otra de las grandes ventajas de esta modalidad es que se trata de un programa de entrenamiento que ayuda a conseguir cualquiera que sea el objetivo del que lo practica (pérdida de peso, fortalecimiento y tonificación de los músculos, aumento de la capacidad cardiovascular, mejora de la fuerza-resistencia, etc.), dado que no trata de especificar en competencias físicas concretas, sino que procura optimizar todas las capacidades físicas por igual.

## B. METODOLOGÍA DE ENTRENAMIENTO

La metodología de entrenamiento del *Cross-circuit* es sencilla pero a la vez muy intensa.

Se trata de una clase de aproximadamente una media hora que consta de las siguientes partes:

- *Warm-up*: Se realiza un calentamiento previo que consistirá en dar varias vueltas a la sala para activar el flujo sanguíneo y calentar la musculatura. Las dos últimas a mayor intensidad.

A su vez se realizan ejercicios básicos de los principales grupos musculares que van a participar en la sesión: *lunges*, flexiones, sentadillas con peso libre, rotaciones de cadera, etc. Posteriormente se realizan estiramientos de los grupos musculares participantes y abdominales para calentar. La duración del calentamiento, que es fundamental para prevenir cualquier tipo de lesión, será de aproximadamente 4 minutos.

- *Parte principal (sesión Cross-circuit)*: En general, la sesión de *Cross-circuit* consiste en la realización de circuitos de 6 estaciones cada uno en las que se trabaja un minuto por estación, dando una vuelta entera al circuito y descansando un minuto entre ellos. Los circuitos se repiten de 3 a 4 veces. Sin embargo, hay multitud de variantes, por ejemplo en este trabajo la sesión que se llevó a cabo durante las 10 semanas de duración del estudio se estructuró de otra manera, como se verá más adelante, pero siguiendo la dinámica propia y el sentido intrínseco de una sesión de *Cross-circuit*.

- *Vuelta a la calma*: Los últimos 5 minutos de la sesión se dedicarán a la vuelta a la calma, realizando los estiramientos propios de los grupos musculares agonistas y antagonistas que hayan participado.

## C. MATERIALES

A continuación explicaremos brevemente los materiales utilizados en las sesiones, así como las principales características de estos y sobre qué inciden.

*TRX*:

Método de entrenamiento funcional con el propio peso corporal que ayuda a desarrollar las capacidades físicas básicas. Lo interesante de este aparato (figura 1) es que sirve para un entrenamiento en todos los niveles, desde una persona amateur hasta un deportista de élite. Para cambiar la dificultad solamente es necesario dar un paso adelante o uno atrás, o cambiar la inclinación con la que se realiza el ejercicio.



Mediante este aparato es posible entrenar una gran variedad de grupos musculares, desde hacer una sentadilla a realizar un *press* de pecho o trabajar el dorsal a una o a dos manos.

Es un instrumento muy útil para el *Cross-circuit* debido a la amplia gama de posibilidades de trabajo que ofrece y a su facilidad de uso.

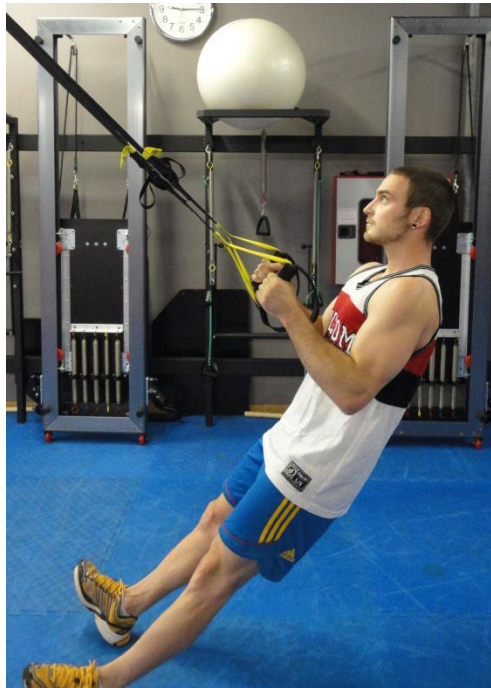


Figura 1.- Imagen del TRX

#### *Rope training:*

Es un complemento ideal para el *Cross-circuit*. Las cuerdas (figura 2) permiten trabajar la fuerza del tronco superior e inferior. Es un ejercicio muy intenso que da lugar a ejercicios donde se trabaja tanto la fuerza como el sistema cardiovascular. Un ejemplo podría ser el sujetar el final de las dos cuerdas y balancearlas arriba y abajo realizando un trabajo muscular sobre el tren superior. Simultáneamente se realizarían arrancadas adelante y atrás a la par de mover los brazos, por lo que se trabajaría la explosividad propia de las arrancadas. También se podría trabajar el tren inferior, por ejemplo, subiendo las dos cuerdas en extensión del tronco y realizando una sentadilla al bajarlas.

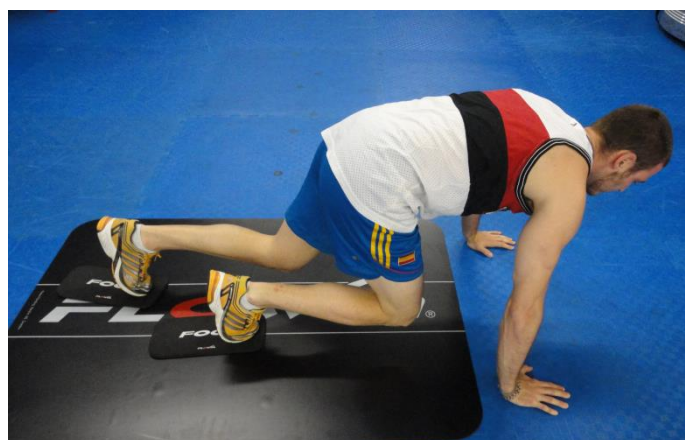
Son dos cuerdas gruesas de unos 12-15 m de largo y de unos 38 mm de diámetro y que, en función del nivel, tendrán diferentes pesos (9,5 kg a 17,7 kg).



*Figura 2.- Imagen del Rope-training*

*Flowin (entrenamiento por fricción):*

Consiste en una plancha deslizante (figura 3) con diferentes complementos para deslizar tanto manos como pies. Para las manos serán unas planchas redondas y para los pies rectangulares. Se pueden realizar ejercicios de deslizamiento de piernas adelante y atrás así como con los brazos, realizando por ejemplo deslizamientos frontales como si se tratara de una arrancada de atletismo con las piernas o deslizar una pierna y con el brazo contrario una flexión de brazo. Hay multitud de posibilidades. Al realizarse en planchas deslizantes, los movimientos son rápidos, por lo que ayudará a mejorar nuestra capacidad cardiovascular. También es muy buen aparato para realizar ejercicios isométricos alternativos donde se trabaja el *core* con gran intensidad.



*Figura 3.- Imagen del Flowin*

### *Balón medicinal (3 a 5 kg):*

Con un balón medicinal se trabajan ejercicios de fuerza. Ofrece una gran cantidad de ejercicios, puesto que existe una gran libertad de movimientos que se pueden realizar con el balón, desde un lanzamiento a un lado con paso lateral y al lado contrario, alternativamente, así como coger el balón y realizar saludos al sol o sentadillas con el balón sujetado con las manos. Los balones medicinales son a su vez un instrumento muy interesante para realizar multitud de ejercicios de músculos estabilizadores.

### *Bosu:*

Semiesfera de material elástico (figura 4) que tiene una gran participación en la mejora del equilibrio y la propiocepción. Como el resto de aparatos descritos con anterioridad tiene muchas posibilidades, pero sobre todo los ejercicios tienen la dificultad de que se trata de un elemento inestable, donde tenemos que mantener el equilibrio, y por lo tanto se proporciona una mayor tensión muscular y activación de los husos tendinosos de los tendones para la mejora del equilibrio y del ciclo de acortamiento-estiramiento.

Se pueden realizar, desde ejercicios isométricos donde sea necesario mantener el equilibrio, proporcionando un gran trabajo a los músculos estabilizadores, hasta flexiones con una o dos manos apoyadas sobre el *bosu* para proporcionar una mayor dificultad.



*Figura 4.- Práctica del Bosu*

### *Step:*

Es uno de los elementos imprescindibles para el trabajo cardiovascular, sobre todo para el trabajo con el tren inferior.

Se trata de un material fundamental para las sesiones analizadas, puesto que, como hemos indicado con anterioridad, 10 de los 22 minutos de lo que sería la

“actividad del *Cross-circuit* específica” son realizados en el *step* y se produce un importante trabajo de activación y de tipo cardiovascular.

Se realizarán además todo tipo ejercicios combinados con mancuernas, discos con cargas ligeras (2,5 a 5 kg), flexiones de pecho o tríceps, etc.

También es muy común la utilización de soportes para aumentar la altura de los *steps*, y así poder realizar ejercicios con mayor complejidad o en los que intervengan diferentes grupos musculares.

### **3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO**

Con este estudio se ha pretendido evaluar los efectos que tiene un entrenamiento en *Cross-circuit*. A continuación se detallan los objetivos del trabajo.

#### **A. OBJETIVOS**

*Objetivos principales:*

- Analizar las modificaciones producidas mediante un trabajo *Cross-circuit* de 10 semanas de duración sobre los diferentes tipos de fuerza: explosiva, máxima y resistencia.
- Observar y estudiar las posibles modificaciones que el trabajo de *Cross-circuit* produce sobre la frecuencia cardiaca durante su realización: frecuencias cardiacas media, máxima y mínima.

*Objetivo secundario:*

- Detectar si existen modificaciones morfológicas mediante las bioimpedancias al finalizar el periodo de entrenamiento sobre la valoración de los test iniciales.

#### **B. POBLACIÓN**

Los sujetos experimentales que han participado en esta investigación son 3 mujeres y 7 hombres, todos clientes del Centro Deportivo Parque Alameda. Los participantes del estudio tenían unas edades comprendidas entre los 24 y los 47 años. La media de edad en las mujeres es de  $35,6 \pm 2,5$  años y la de los hombres de  $37,6 \pm 8,1$  años, con pesos de 54 a 97 kg ( $82 \pm 11,7$  en hombres y  $62,9 \pm 8,9$  en mujeres), y alturas de 152 a 197 cm ( $177,9 \pm 10,3$  en hombres y  $162 \pm 8,9$  en mujeres). El

porcentaje de grasa fue de 10,1 a 34,6 ( $17,5 \pm 6,4$  % en hombres y  $31,6 \pm 2,7$  % en mujeres) y el IMC de 22,4 a 30,8 ( $26 \pm 2,7$  en los hombres y  $23,9 \pm 1,1$  en mujeres)

7 de los 10 sujetos tienen un IMC > 25, lo que significa, en principio, que presentan algo de sobrepeso.

Todos los participantes del estudio se iniciaban durante este en la práctica del *Cross-circuit*. En la tabla 1 se reflejan las características de la muestra por sujeto.

*Criterios de inclusión:*

- Participar en *Cross-circuit* 2 veces por semana.
- Consentimiento firmado por escrito (Anexo III).

*Criterios de exclusión:*

- Signos o síntomas de patologías cardíacas o lesiones musculares crónicas.
- Entrenamiento de fuerza en sala de musculación.

*Tabla 1.- Características generales de la muestra estudiada*

Sujeto	Sexo	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	IMC	Masa grasa (kg)	% M.G	Masa libre de grasa (kg)
1	Varón	34	171	65,4	22,4	7,5	11,5	57,9
2	Varón	34	197	94,6	24,4	10,3	10,9	84,3
3	Varón	38	164	71,1	26,4	14,4	20,3	56,7
4	Varón	47	178	85,3	26,9	18,7	21,9	66,6
5	Varón	24	182	78,1	24	7,9	10,1	70,2
6	Varón	39	178	97,6	30,8	25	25,6	72,6
7	Varón	47	175	82	26,8	18	22,0	64
8	Mujer	33	165	63	23,1	19,2	30,5	43,8
9	Mujer	38	169	71,7	25,1	24,8	34,6	46,9
10	Mujer	36	152	54	23,4	16	29,6	38

A continuación se describen los criterios establecidos para la selección de los participantes en el estudio:

### Método de selección de la muestra:

- Elaboración de un tríptico incluyendo una información del estudio, detallada pero a su vez simple y fácil de comprender (Anexo I).

- Presentación personal, dos semanas antes del comienzo del estudio, en las diferentes clases de *Cross-circuit* del Centro Deportivo Parque Alameda, para informar sobre el proyecto y explicar brevemente en qué consistía, quién lo realizaba y con qué fin, ofreciendo la oportunidad de participar en él a todos los allí presentes. Junto con el tríptico se repartió una breve encuesta, (Anexo. II), la cual tenían que cumplimentar si querían participar en el proyecto.

- Una vez recogidas las encuestas, donde se registraron las personas que querían participar, se contactó telefónicamente con cada uno de los sujetos apuntados para realizar el Pretest.

Señalemos que, previa a la realización del test se repartía una hoja donde los sujetos daban su consentimiento firmado en un documento (Anexo III), en el que se les pedía su consentimiento tanto para formalizar su participación en el proyecto como su permiso para la utilización de métodos no invasivos con ellos y el uso de los datos obtenidos en registros para el presente trabajo

Las 10 personas que formaban parte del estudio realizaban otras actividades complementarias similares además del *Cross-circuit* y llevaban una alimentación correcta según comentaron.

El pretest fue realizado por 12 personas pero, como en ocasiones ocurre hubo dos lesionados antes de comenzar el estudio, por lo que la muestra de población se redujo a 10 personas, siendo una muestra más pequeña de lo deseable para obtener conclusiones óptimas.

### **C. DISEÑO DEL ESTUDIO**

El diseño del estudio es de tipo cuasiexperimental, en donde se analiza el efecto que produce un entrenamiento *Cross-circuit* de diez semanas de duración (16 sesiones) sobre la fuerza además del impacto que provoca sobre la frecuencia cardíaca. Su realización siguió un protocolo estricto, puesto que era necesario tomar registros semana a semana, con constantes transcripciones de estos, información de diferentes frecuencias cardíacas de todos los individuos, etc.

La metodología utilizada en el estudio se divide en dos partes bien diferenciadas, ya que cada parte está relacionada con uno de los dos objetivos principales del estudio.

El agrupamiento de las variables se diseñó de la siguiente manera:

- a) *Variable independiente experimental*: programa de entrenamiento *Cross-circuit*.
- b) *Variables dependientes*: Variables que recogen el efecto del programa de entrenamiento sobre las capacidades fisiológicas y condicionales evaluadas (frecuencia cardiaca máxima, frecuencia cardiaca mínima, frecuencia cardiaca media y valores de fuerza).

Los horarios en los que se realizaban las clases también eran diferentes: 5 personas realizaban la actividad a las 15:00, 4 personas a las 18:30 y una persona a las 20:15, siguiendo todos ellos el mismo protocolo.

#### **D. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO**

La hipótesis de trabajo que se pretenden confirmar o refutar en el presente estudio se concretan en:

**H<sub>0</sub>**: Los sujetos que participan en un entrenamiento durante 10 semanas de *Cross-circuit* no presentan mejoras sobre la fuerza y la frecuencia cardiaca al finalizar el periodo de entrenamiento.

**H<sub>1</sub>**: Los sujetos que participan en un entrenamiento durante 10 semanas de *Cross-circuit* presentan mejoras en sus niveles de fuerza y en la frecuencia cardiaca al finalizar el periodo de entrenamiento.

#### **E. MATERIAL Y MÉTODOS**

Se hicieron diferentes valoraciones. Primero se valoró la fuerza antes y después de las 10 semanas de duración del estudio, para analizar las posibles modificaciones mediante un pretest y un posttest

Para realizar la batería de ejercicios de los test de fuerza, planteamos dos condiciones: La primera es que era necesario diferenciar los ejercicios que debían realizarse según el objetivo que se pretendía con cada uno y la segunda, que debía incluirse al menos un ejercicio del tren superior y otro del inferior para cada tipo de fuerza.

A la hora de seleccionar los ejercicios, fue necesario tener en cuenta otros aspectos prácticos:

- Que la duración de cada ejercicio fuera breve, puesto que se disponía de unos 20-25 minutos por persona a evaluar y tenía que haber ciertos periodos de

descanso entre prueba y prueba, al menos en las que interviniera el mismo grupo muscular.

- Que estuvieran repartidos de tal forma que no se realizara una de las pruebas en condiciones de fatiga, es decir, alternar ejercicios de tren superior con tren inferior.
- Que fueran sencillos de ejecución y de medición.
- Que fueran acordes al nivel o capacidad física media de los sujetos.

En el transcurso de las sesiones se tomaron registros de la actividad cardiaca, tomando exclusivamente los registros comprendidos entre el minuto 3 y el 25 (actividad específica de *Cross-circuit*). Además se hizo un análisis de la composición corporal con la Tanita (modelo BF 350).

Se explica todo de forma detallada en estos apartados:

### ***PARTE 1: test de fuerza***

Estos test tenían la finalidad, una vez analizados sus resultados, de comprobar si había habido un aumento o una pérdida de fuerza en general, tras la práctica del *Cross-circuit*.

Para realizar la batería de ejercicios del test planteamos dos condiciones: primera, era necesario diferenciar los ejercicios que debían realizarse según el objetivo que se pretendía con cada uno y, segunda, debía incluirse al menos un ejercicio del tren superior y otro del inferior para cada tipo de fuerza.

A la hora de seleccionar los ejercicios, fue necesario tener en cuenta otros aspectos prácticos:

- Que la duración de cada ejercicio fuera breve, puesto que se disponía de unos 20-25 minutos por persona a evaluar y tenía que haber ciertos periodos de descanso entre prueba y prueba, al menos en las que interviniera el mismo grupo muscular.
- Que estuvieran repartidos de tal forma que no se realizara una de las pruebas en condiciones de fatiga, es decir, alternar ejercicios de tren superior con tren inferior.
- Que fueran sencillos de ejecución y de medición.
- Que fueran acordes al nivel o capacidad física media de los sujetos.



Una vez establecidas las pautas principales para crear la batería, esta se organizó de la siguiente manera:

1- La **fuerza resistencia**. Según Matvéiev (1982) es la capacidad de resistir al agotamiento, provocado por los componentes de fuerza de la sobrecarga en la modalidad deportiva.

Para la medición de la fuerza resistencia se buscaron ejercicios en los cuales se ejecutara un número máximo de repeticiones, pero en un periodo de tiempo limitado, es decir, el ejercicio debía realizarse prácticamente al borde del fallo muscular. De esta forma se pretende llevar al músculo o grupo musculares evaluados al agotamiento y comprobar su resistencia a este.

- **Tren inferior → Salto lateral de plinto** (García Manso, Navarro Valdivielso, & Ruiz Caballero, 1996): durante la realización de este ejercicio, el sujeto tiene que saltar el mayor número de veces de un lado a otro del plinto, siempre posando los pies en la base de este en cada salto. Se comienza de pie, al lado del plinto. Los saltos se realizarán durante 60 segundos y se contará el máximo número de veces que se pase por la base, tras cada salto lateral. Para las mujeres se utilizó el soporte de la base y para los hombres el soporte de la base y uno adicional para darle mayor altura.

Material: Plinto piramidal casa Diez (modelo 1200) y cronómetro Polar (modelo S720i).

- **Tren superior → Flexiones o fondos de brazos**: el sujeto se coloca en posición decúbito prono y realiza el máximo número de flexiones de brazos posibles en un periodo de 45 segundos. Un requisito indispensable es que se realicen las flexiones de forma correcta. Las mujeres realizarán las flexiones con apoyo de rodillas.

Material: cronómetro Polar (modelo S720i).

2- La **fuerza explosiva**. Puede ser de tres tipos (García Manso, Navarro Valdivielso & Ruiz Caballero, 1996): explosivo tónica, que hace referencia a fuerzas de desarrollo rápido contra resistencias relativamente altas (halterofilia), explosivo-balística, que son fuerzas de desarrollo rápido en las que la resistencia a vencer es relativamente pequeña y el movimiento es de tipo balístico, es decir, después de desarrollar una tensión máxima, la tensión comienza a disminuir aunque la velocidad del movimiento siga aumentando lentamente (saltos o lanzamientos de artefactos ligeros) y, para finalizar, la fuerza rápida, que actúa contra resistencias de trabajo mínimas (golpe de boxeo).

Para realizar el test, se optó por utilizar dos test de fuerza explosivo balística, ya que se consideró lo más factible respecto al material del que se disponía.

- Tren inferior → Salto vertical o Abalakov (García Manso et al., 1996): Mide la fuerza explosiva del tren inferior en el sentido vertical.

El sujeto se colocará junto a una pared, lateralmente y con el brazo más próximo a ella señala el punto más alto y tocará con la yema de los dedos dejando una marca con tiza. A la señal y previa separación de la pared, saltará 3 veces hasta alcanzar la máxima altura posible. Se elegirá la marca más alta y se anotará la diferencia entre la marca más alta y la que se había hecho previamente con el brazo extendido sin saltar. La condición que tiene este salto es que sea desde parado, es decir, mientras el sujeto tenga los dos pies horizontales en el suelo y a la misma distancia, puede hacer el salto como le parezca.

Material: Tiza para marcas, metro (Stanley, ref. 0-34-295).

- Tren superior → lanzamiento balón medicinal: este tipo de prueba se utilizará para evaluar la fuerza explosiva balística de los brazos. Para ello el sujeto se coloca detrás de una línea sin pisarla y, con el balón por encima de la cabeza, tratará de lanzarlo lo más lejos posible sin que los pies se despeguen del suelo, es decir, como si de un lanzamiento de banda de fútbol se tratase. Se realizarán tres intentos y se escogerá el mejor.

Material: Balón medicinal (Amaya) de 2 kg y cinta métrica (Stanley ref. 0-34-295).

3- La **fuerza máxima**. La fuerza máxima es la mayor fuerza que es capaz de desarrollar el sistema nervioso y muscular por medio de una contracción máxima voluntaria (Letzeletr & Letzeletr, 1990).

En la elección de la prueba o test que se iba a utilizar para medir la fuerza máxima, tuvimos en cuenta que, de los sujetos que se estaban controlando, se desconocía su nivel de entrenamiento en sala de musculación. Por ello se concluyó que lo más factible era la realización de un test una repetición máxima (RM) indirecto, ya no por la duración de este, sino por la técnica o experiencia de los sujetos. El RM directo es adecuado para personas mucho más entrenadas y requiere de una mayor duración de tiempo, del cual no se disponía a la hora de realizar el test.

El tipo de test indirecto de RM fue el test de Brzycki (Brzycki, 1993). Se trata de un test donde se siguen los siguientes pasos:

- Se calienta con una carga baja, para evitar posibles lesiones.

- Se realizan de 10 a 15 repeticiones con una carga que le pueda aportar ciertas sensaciones al sujeto, es decir, que se haga una idea de cuál podría ser su capacidad para levantar más carga.

- El sujeto aumentará la carga de tal manera que él sepa que va a llegar al fallo muscular en torno a las 10 repeticiones. Si se superan las 10 repeticiones o no se llega a estas, no es necesario descartar la prueba, se asume el fallo y se corrige aproximadamente mediante unos coeficientes y la fórmula que se muestran a continuación (figura 5).

TEST DE 1 RM		
Repeticiones	BRZYCKI	Ejemplo
6	0.8610	1RM = PESO LEVANTADO / INDICE TEST (REP)  Un usuario realiza en el jalón polea 10 repeticiones con un peso de 30 kg. Calcular 1RM:  $1RM = 30 \text{ kg.} / 0.7498 = 40 \text{ kg.}$
7	0.8332	
8	0.8054	
9	0.7776	
10	0.7498	
11	0.7220	
12	0.6942	
13	0.6664	
14	0.6386	
15	0.6108	

$$\text{Brzycki (1993) } 1RM = \text{Kg} / (1,0278 - 0,0278 * \text{rep})$$

**Cuantas menos repeticiones con el máximo peso posible (entre 6 y 10) el método es más fiable.**

Figura 5.- Coeficientes y fórmula de cálculo de la repetición máxima por el método indirecto de Brzycki (Brzycki, 1993)

Para el tren superior se utilizó este test en la máquina de *press* asistida (modelo Gervasport) ya que al tratarse de una máquina guiada se evita el peso libre y, por tanto, la dificultad que supondría la realización correcta del ejercicio para una persona amateur o sin experiencia.

Para el tren inferior se utilizó la máquina de prensa horizontal de cuádriceps (modelo Gervasport) porque es fácil de emplear por el sujeto y de supervisar por quien controla la prueba, en este caso el autor de este trabajo.

El orden propuesto para la realización de los ejercicios tuvo en cuenta la fatiga, alternando las recuperaciones para que los resultados fueran lo más reales posibles. Se descartó el RM al inicio, puesto que no era en absoluto conveniente que un sujeto se pudiera lesionar por el hecho de participar en este estudio. Por ello optamos por hacer los ejercicios de fuerza-resistencia al principio, puesto que son con el propio peso corporal y no hay ninguna resistencia o carga externa que pueda producir una lesión.

Se siguió este orden:

- 1- Máximo número de flexiones de brazos en 45 s (Fuerza-Resistencia).
- 2- Máximo número de saltos laterales tocando la base en plinto durante 60 s (Fuerza-Resistencia).
- 3- Lanzamiento balón medicinal a la mayor distancia posible en 3 intentos (Fuerza Explosivo-Balística).
- 4- Salto vertical a tocar lo más alto posible la pared con la mano en 3 intentos (Fuerza Explosivo-Balística).
- 5- 1RM Indirecto de tren superior en máquina de *press* pecho asistida (Fuerza Máxima).
- 6- 1RM Indirecto de tren inferior en máquina de prensa de cuádriceps (Fuerza Máxima).

### ***PARTE 2: registros cardiovasculares***

En este apartado explicaremos la metodología que se siguió para la recogida de registros de la frecuencia cardiaca. Para la frecuencia cardiaca se toman muchos registros de cada persona, a diferencia de las medidas de fuerza, de la que solo se hace un pre-test al principio y el mismo test al final, obteniendo registros de dos días distintos que, aun estando separados por 10 semanas, siguen siendo únicamente dos registros.

Para obtener los registros de frecuencia cardiaca se procedió de la siguiente forma:

- 1- Obtención del material cedido por la Universidad de Zaragoza: 6 Pulsómetros de la marca Polar (modelo S720i).
- 2- Aprendizaje de su uso de forma autónoma y pruebas para verificar su correcto funcionamiento.
- 3- Una vez entendido el mecanismo de uso y sus funciones se procede a explicar a los sujetos uno a uno como se utiliza el pulsómetro.
- 4- Se les reparte los pulsómetros a cada sujeto acudiendo 15 minutos antes de las clases, para no retrasar el funcionamiento y la dinámica de estas.
- 5- Se les pide que lo enciendan justo en el momento en que comienza el *warm-up* y que lo apaguen justo al salir de la sala. Se les dan estas pautas para que, además de obtener los registros cardiacos durante la actividad, dispongamos también de registros de la vuelta a la calma.

- 6- Recogida de relojes y transcripción de los datos a ordenador y su consiguiente tabulación en una hoja Excel para su posterior estudio y análisis.

Merece la pena destacar que la parte de la sesión que más nos interesa y en la cual nos vamos a centrar finalmente, será aquella en la cual se comienza desde la primera estación de ejercicios hasta la última contracción muscular producida en el último ejercicio de la sesión. Es decir, si la sesión dura 27 minutos (3 *warm-up* / 22 minutos de estaciones y *step* / 2 minutos de vuelta a la calma) sólo nos vamos a centrar en el análisis y estudio de los 22 minutos de actividad específica. Es fundamental hacer esta aclaración, puesto que tanto el calentamiento como la vuelta a la calma para una actividad donde se trabajan todos los grupos musculares, son bastante genéricos y parecidos a los que se realizan en muchos deportes o sesiones de actividades dirigidas. En este estudio nos interesan específicamente aquellos cambios producidos sólo y durante el *Cross-circuit* y sus ejercicios en concreto.

### ***PARTE 3: Registros de la composición corporal.***

En el pretest y en el posttest se realizó una medición de la composición corporal de cada uno de los sujetos mediante la Tanita (modelo BF 350), una báscula que se utiliza para medir la bioimpedancia. Esta prueba se practicó a fin de tener datos adicionales que sirvieran para obtener conclusiones más precisas sobre los efectos del *Cross-circuit*.

## **SESIÓN DE ENTRENAMIENTO TIPO**

La sesión se organiza de la siguiente manera:

-Calentamiento o *warm-up* de 3' de duración.

-Parte específica:

a) Estaciones de trabajo muscular (1'-1') se repite una vez cada estación:

- Se distribuyen alrededor de la sala.
- En cada estación se procura trabajar zonas musculares de forma localizada.
- El objetivo es trabajar más o menos por igual todos los grupos musculares.

## b) Trabajo cardiovascular y muscular en *step* (2')

- Se alternarán las estaciones con trabajo en *step*.
- El objetivo es darle un mayor carácter cardiovascular a la actividad.
- Se combinan ejercicios de fuerza-resistencia de pierna con ejercicios de fuerza-resistencia del tren superior.

-Vuelta a la calma y estiramientos: Estiramientos de todos los grupos musculares.

La temporalización de la sesión transcurre de la siguiente manera:

1- <i>Warm-up</i> (3')	8-Estación 1 (1') – estación 2 (1')
2- Estación 1 (1') – estación 2 (1')	9- Coreografía <i>step</i> 3 (2')
3- Coreografía <i>step</i> 1 (2')	10- Estación 3 (1') – estación 4 (1')
4- Estación 3 (1') – estación 4 (1')	11- Coreografía <i>step</i> 3 (2')
5- Coreografía <i>step</i> 2 (2')	12- Estación 5 (1') – estación 6 (1')
6- Estación 5 (1') – estación 6 (1')	13- Vuelta a la calma (2')
7- Coreografía <i>step</i> 2 (2')	

A continuación se explica con más detalle la realización de cada ejercicio y los grupos musculares que intervienen en el mismo.

### ***Warm-up (duración 3'):***

Se comienza dando vueltas a la sala a trote, alternando los siguientes ejercicios:

- 1- Tijeras en el sitio para calentar cuádriceps: 3 series de 8 tijeras (se alterna cada serie con carrera continua).
- 2- Flexiones, para calentar el tren superior: 3 series de 3-4 flexiones (se alterna cada serie con carrera continua).
- 3- *Lunge*, para calentar isquiotibiales: 3 series de 6-8 lunges (se alterna cada serie con carrera continua).
- 4- Rodillas al pecho, para activar el metabolismo y acelerar el ritmo cardiaco para el posterior esfuerzo: 3 series de unos 10 segundos cada una (se alterna cada serie con carrera continua).

***Parte específica (1' cada estación se realizará dos veces cada uno)******Estaciones:***

- 1- *Abdominales con piernas elevadas con carga* (2,5 kg- 5 kg):  
Rebotes controlados con los brazos extendidos manteniendo el disco con carga apuntando al techo. Se trabaja la porción superior del recto abdominal.
- 2- *TRX: Remo abierto y remo cerrado:*  
Cogemos los agarres del TRX y nos dejamos caer hacia atrás, apoyándonos sobre los talones. Cuanto más inclinados estemos, mayor carga levantaremos. El ejercicio consiste en alternar remo cerrado con remo abierto. Se trabajan el dorsal ancho y la zona escapular.
- 3- *Flowin: Salidas de tacos en tabla.*  
Con los brazos en 90º y la cadera levantada, moveremos las rodillas adelante y atrás alternativamente. Debe cuidarse la posición de la cadera, tiene que estar bien arriba. Con este ejercicio se pretende trabajar los cuádriceps y el psoas al realizar el movimiento de salida de tacos y mediante la posición estática de los brazos y el mantenimiento de la cadera arriba se realiza un trabajo isométrico del recto anterior además del de pierna.
- 4- *Curl martillo-Press hombro:*  
Es un ejercicio combinado: se realiza el movimiento de curl de martillo donde se trabaja el bíceps braquial; al finalizar la flexión del bíceps, se realiza un press de hombro hacia arriba para trabajar el deltoides. Una vez arriba se realiza el ejercicio a la inversa. Se ejecutan varias repeticiones de forma continuada.
- 5- *Torsiones de tronco con balón medicinal* (3 kg - 4 kg de carga):  
Se deja caer el tronco a unos 120º con las rodillas flexionadas y los pies apoyados en el suelo. Los brazos estarán extendidos con el codo ligeramente flexionado mientras se sujeta el balón medicinal. Llevar el balón de lado a lado del tronco, cuidando sobre todo en que los hombros no se roten y mirando siempre al lado al que se lleva el balón. Con este ejercicio se incide directamente sobre los músculos oblicuos del abdomen.
- 6- *Fondos de tríceps:*  
En un *step* colocado a medio metro con unos soportes se realizan fondos de tríceps. La colocación de los codos es muy importante, por lo que habrá que juntarlos por detrás de la espalda y las piernas estarán ligeramente flexionadas apoyadas en el suelo. Se realizarán fondos de forma continuada pero controlada.

**Trabajo en Step:****Coreografía cardio 1 (2'):**

- 8 tiempos de *lunge* + 8 tiempos de levantar rodillas
- 8 tiempos de *lunge* + 8 tiempos de levantar rodillas.
- 16 tiempos de *lunge* + 16 tiempos de levantar rodillas.
- 32 tiempos de *lunge* + 32 tiempos de levantar rodillas.
- Sprint en el sitio + *lunge* hasta completar los 2'.

**Coreografía cardio 2 (2'):**

- Levantar rodilla al subir en *step*, bajar y tocar con la mano de la rodilla contraria a la que se ha levantado el *step* manteniendo la espalda recta. Se realizan 16 repeticiones con cada pierna.
- 8 flexiones de pecho + 8 flexiones de tríceps realizándolas alternativamente, es decir, flexión de pecho + flexión de tríceps + flexión de pecho + flexión de tríceps....
- “*Supermans*”: con el pie apoyado en el *step* y el otro en el suelo, se coge impulso con el pie que está en el *step* y se salta lo más alto posible, cayendo sobre el mismo pie y el que no ha cogido el impulso vuelve al suelo o, para dificultarlo, cae en posición de *lunge*. Se realizarán 8 repeticiones por cada pie.

**Coreografía cardio 3 (2')**

- 16 sentadillas con salto con pie derecho + 16 sentadillas con salto con el pie izquierdo.
- Saltos laterales tocando la base del *step* con pies juntos. Pasar 32 veces por la base.
- Flexiones a una mano, apoyando una mano en el *step* y la otra en el suelo. Se realizan 8 flexiones con cada brazo.

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis de los resultados se llevó a cabo mediante el paquete estadístico SPSS 19.0. Para cada variable se hallaron los valores descriptivos de tendencia central y de dispersión más habituales (media y desviación estándar).

Se aplicó igualmente la prueba de Kolmogorov-Smirnov para así definir el tipo de distribución de cada una de las variables consideradas, cumpliendo todas ellas el criterio de normalidad. Atendiendo a los resultados de esta prueba, se realizó la Prueba T de Student para muestras independientes para la comparativa en los test realizados al inicio y al final del proceso.



Todas las variables se presentan en tablas separadas por grupos, en las que se recoge para una mayor información el valor promedio y la desviación estándar de las medias. Se consideró como límite de la significación el valor de la probabilidad  $p \leq 0.05$  (inferior o igual al 5%).

El procedimiento seguido para valorar las diferentes variables fue, en primer lugar, establecer el análisis descriptivo de cada uno de los grupos por separado de los resultados pre y post a través de la media y la desviación estándar.

En segundo lugar, se realizó un análisis intragrupo donde se compararon los resultados de los test pre y post donde se asumieron las varianzas iguales para una significación superior a 0,05.

El tercer paso fue realizar un análisis inferencial para la comparación de cada una de las variables.

Finalmente, se establecieron los cambios porcentuales de las pruebas pre y post. Por lo pequeño de la muestra, no se ha podido analizar la misma por géneros por no existir potencia estadística.

## **4. RESULTADOS**

Los resultados obtenidos tras las 10 semanas de actividad de los sujetos objeto del estudio, tanto de los registros de la frecuencia cardiaca como del pre-test y del post-test de fuerza, al tratarse de dos aspectos a analizar independientes se presentarán en dos secciones separadas.

### **A. MEDIDA DE LAS FRECUENCIAS CARDIACAS**

Los valores de las diferentes variables de la frecuencia cardiaca (FC), es decir: FC media ( $FC_{md}$ ), FC máxima ( $FC_{máx}$ ) y FC mínima ( $FC_{mín}$ ), obtenidas de las medidas realizadas a todos los sujetos participantes en cada una de las 16 sesiones se incluyen en la tabla 2. Los resultados del análisis estadístico: valor promedio, desviación típica, y valores máximo y mínimo de  $FC_{md}$ ,  $FC_{máx}$  y  $FC_{mín}$ , se muestran en las tablas 3 a 5.

Con el fin de hacer más sencilla la observación de posibles tendencias temporales de los valores tabulados, se representa en la figura 6 la evolución, en función del número de sesión, de los promedios de  $FC_{md}$ ,  $FC_{máx}$  y  $FC_{mín}$ .

Tabla 2.- Registros por sesión y sujeto de la  $FC_{Md}$ ,  $FC_{máx}$  y  $FC_{mín}$ 

	S1			S2			S3			S4		
	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$
1	160	180	90	158	183	86	163	180	128			
2	166	182	143	159	184	127	157	178	117			
3	150	164	120	150	176	77	148	180	135	164	183	140
4	150	167	113							156	164	110
5	137	158	97				135	157	96			
6	150	164	127	150	176	77				148	174	117
7	153	178	128				151	174	125			
8				161	193	119	169	194	127			
9	159	186	92	158	183	86						
10				148	174	110				150	172	115
	S5			S6			S7			S8		
	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$
1	156	168	111	148	170	114	152	171	106			
2	159	192	136	165	177	146	162	179	140	158	176	120
3	156	180	118	162	184	136	156	178	119	157	179	112
4	143	159	114				146	166	117	147	168	115
5	139	163	113	149	176	107	134	158	108			
6				147	169	104						
7	139	163	113	149	176	107	153	175	127	147	172	122
8	166	190	115				165	185	112	158	183	121
9	155	180	85							156	177	89
10				147	169	104				147	169	110
	S9			S10			S11			S12		
	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$
1	157	173	120				154	168	92	142	164	101
2	167	179	144				170	180	127	168	178	126
3							165	187	119	166	182	121
4				144	160	115						
5				140	160	110	138	168	113			
6	150	171	121	153	175	115	140			143	168	121
7	153	178	121	150	174	117	140	163	109	137	156	113
8	155	186	110	136	163	104	162					
9	152	171	102	155	170	101	162	179	117	158	181	117
10				160	174	125	145	167	102			
	S13			S14			S15			S16		
	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$	$FC_{Md}$	$FC_{máx}$	$FC_{mín}$
1	140	164	98	147	165	102	140	161	89	141	165	85
2	167	180	139	160	177	120	158	175	117			
3	163	184	128	152	171	117	153	175	119	151	170	112
4	145	158	117				146	156	115			
5	159	181	118	134	159	111	138	155	110	140	160	113
6	140	181	112	141	159	121	140	160	123	150	158	120
7	148	175	115	152	169	110	155	164	117	151	166	121
8	144	162	112	137	159	108	142	163	111			
9				165	182	131	164	180	119	160	164	113
10	154	169	123				156	165	121	152	166	110

(Las casillas en rosa son los resultados para las mujeres participantes y en azul para los varones)

*Tabla 3.- Promedio, desviación típica, máximos y mínimos de la frecuencia cardiaca media en las diferentes sesiones.*

Sesión	nº sujetos	Promedio	Desv. típica	Mínimo	Máximo
1	8	153,1	8,76	137	166
2	7	154,9	5,30	148	161
3	6	153,8	12,01	135	169
4	4	154,5	7,19	148	164
5	8	151,6	10,03	139	166
6	7	152,4	7,66	147	165
7	7	152,6	10,36	134	165
8	7	152,9	5,52	147	158
9	6	155,7	6,06	150	167
10	7	148,3	8,62	136	160
11	7	152,9	12,36	138	170
12	6	152,3	13,37	137	168
13	9	151,1	10,06	140	167
14	8	148,5	10,89	134	165
15	10	149,2	9,11	138	164
16	7	149,3	6,87	140	160

*Tabla 4.- Promedio, desviación típica, máximos y mínimos de la frecuencia cardiaca máxima en las diferentes sesiones.*

Sesión	nº sujetos	Promedio	Desv. típica	Mínimo	Máximo
1	8	172,4	10,31	158	186
2	7	181,3	6,58	174	193
3	6	177,2	11,97	157	194
4	4	173,3	7,80	164	183
5	8	174,4	12,84	159	192
6	7	174,4	5,50	169	184
7	7	173,1	9,01	158	185
8	7	174,9	5,46	168	183
9	6	176,3	5,85	171	186
10	7	168,0	6,81	160	175
11	7	173,1	8,82	163	187
12	6	171,5	10,50	156	182
13	9	172,7	9,64	158	184
14	8	167,6	8,77	159	182
15	10	165,4	8,50	155	180
16	7	164,1	4,02	158	170

Tabla 5.- Promedio, desviación típica, máximos y mínimos de la frecuencia cardiaca mínima en las diferentes sesiones.

Sesión	nº sujetos	Promedio	Desv. típica	Mínimo	Máximo
1	8	113,8	19,24	90	143
2	7	97,4	20,79	77	127
3	6	121,3	13,69	96	135
4	4	120,5	13,33	110	140
5	8	113,1	13,87	85	136
6	7	116,9	17,07	104	146
7	7	118,4	11,87	106	140
8	7	112,7	11,43	89	122
9	6	119,7	14,15	102	144
10	7	112,4	8,16	101	125
11	7	111,3	11,59	92	127
12	6	116,5	8,76	101	126
13	9	118,0	11,45	98	139
14	8	115,0	9,10	102	131
15	10	114,1	9,71	89	123
16	7	110,6	12,01	85	121

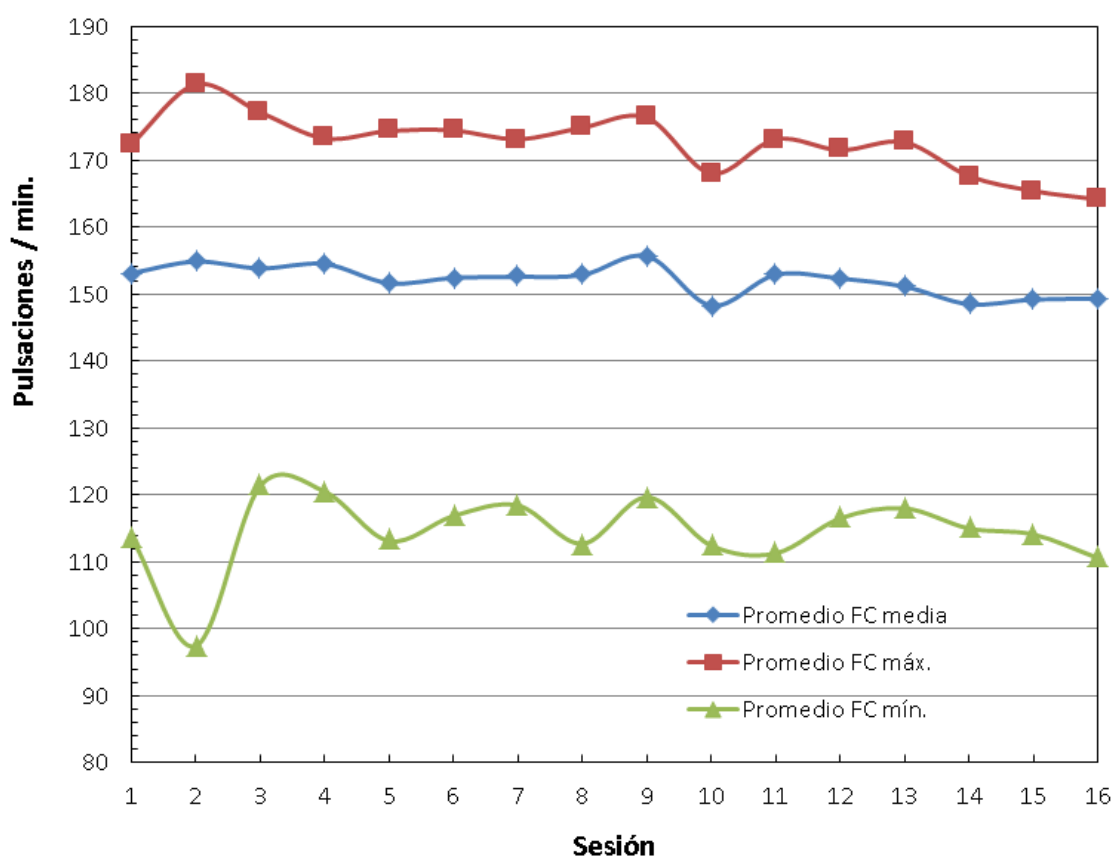


Figura 6.- Variación de los promedios de las frecuencias cardiacas media, máxima y mínima a lo largo de las sesiones de trabajo.

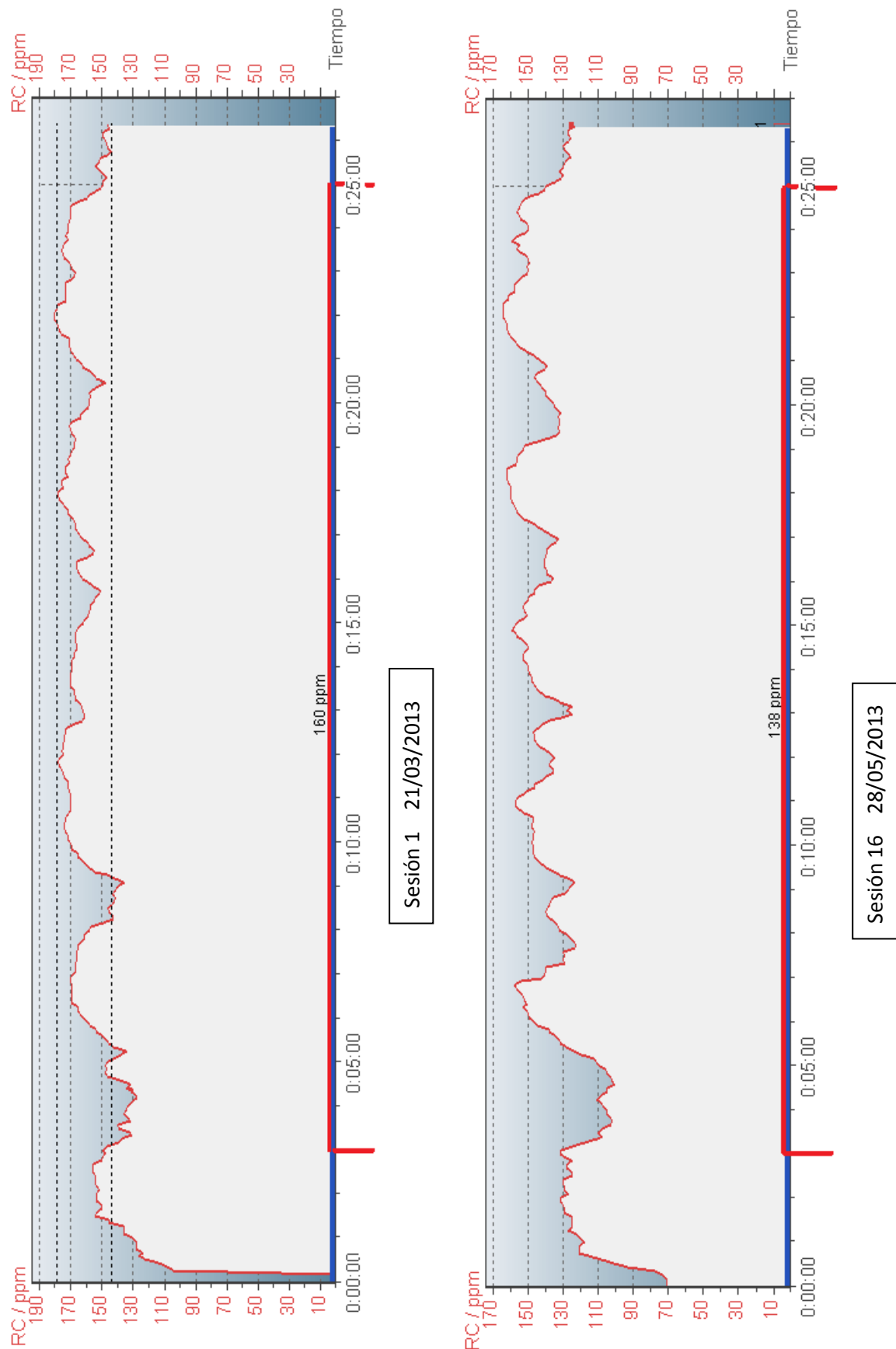
Es interesante en este tipo de estudios, estructurados por sesiones, realizar comparativas entre ellas agrupándolas en conjuntos de sesiones consecutivas. Cuando el número no es muy alto, como en este caso, no tiene mucho sentido agruparlas en más de dos conjuntos. Para estudios con mayor cantidad de sesiones sería más adecuado repartirlas en más grupos (4, 8, 16...).

En la tabla 6 se comparan los resultados de los promedios de las frecuencias media y máxima para las 8 primeras y para las 8 últimas sesiones. El promedio de la  $FC_{md}$  de las 8 primeras sesiones fue de  $153,1 \pm 8,1$  ppm y de  $150,9 \pm 10,1$  ppm en las 8 restantes. En cuanto a la  $FC_{máx}$ , el promedio fue de  $175,1 \pm 9$  ppm en las primeras y  $170,2 \pm 8,8$  en las últimas.

*Tabla 6.- Promedios de las frecuencias cardiacas media (Par 1) y máxima (Par 2) para las sesiones 1 a 8 y 9 a 16*

		Media	Desviación típica
Par 1	<b><math>FC_{md}</math> sesiones 1 a 8</b>	<b>153,1</b>	<b>8,1</b>
	<b><math>FC_{md}</math> sesiones 9 a 16</b>	<b>150,9</b>	<b>10,1</b>
Par 2	<b><math>FC_{máx}</math> sesiones 1 a 8</b>	<b>175,1</b>	<b>9,0</b>
	<b><math>FC_{máx}</math> sesiones 9 a 16</b>	<b>170,2</b>	<b>8,8</b>

Asimismo es conveniente mostrar la gráfica de la evolución (figuras 7 y 8) para un sujeto del registro de la actividad cardiaca durante su primera sesión de trabajo y otra durante la última, de forma que puedan compararse los efectos producidos por el *Cross-circuit* a lo largo del estudio. Se muestra el registro de las frecuencias cardiacas donde se marca con dos rayitas rojas el minuto 3 y el minuto 25. Con esto se pretende delimitar el registro cardiaco específico para la actividad de *Cross-circuit*, sin incluir los registros del calentamiento o de la vuelta a la calma que son irrelevantes para este estudio.



En la tabla 7 se muestran los registros de las frecuencias cardíacas máximas por intervalos de tiempo en el registros cardíaco de la sesión tipo estudiada (figuras 7 y 8). Los intervalos son los siguientes:

- Intervalo de trabajo aeróbico 1: del minuto 5 al 7.
- Intervalo de trabajo aeróbico 2: del minuto 9 al 11.
- Intervalo de trabajo aeróbico 3: del minuto 13 al 15.
- Intervalo de trabajo aeróbico 4: del minuto 17 al 19.
- Intervalo de trabajo aeróbico 5: del minuto 21 al 23.

*Tabla 7.- Pulsaciones por minuto máximas (ppm máx.) por intervalos de trabajo aeróbico (I.T.A.) en la sesión 1 y en la sesión 16 de un sujeto.*

	Sesión 1	Sesión 16	
	Ppm máx.	Ppm máx.	Diferencia (ppm máx.)
I.T.A.1	171	155	16
I.T.A.2	172	155	17
I.T.A.3	170	156	14
I.T.A.4	170	156	14
I.T.A.5	168	157	11

En la tabla 8 se representa el promedio de las  $FC_{\text{máx}}$  registradas en el estudio y la  $FC_{\text{máx}}$  teórica por sujeto,  $FC_{\text{máx-Teo}}$ , obtenidas mediante la fórmula de Londeree y Moeschberger (Bouzas Marins, Ottoline Marins, & Delgado Fernández, 2010; Londeree & Moeschberger, 1982), que es:

$$FC_{\text{máx-Teo}} = A - B e$$

donde  $e$  es la edad del sujeto y  $A$  y  $B$  son dos parámetros que difieren para mujeres y varones; para mujeres,  $A = 208,1$  ppm y  $B = 0,77$  ppm/año y para varones,  $A = 208,7$  ppm y  $B = 0,73$  ppm/año.

El sujeto 1 tiene una  $FC_{\text{máx}}$  teórica de 191 ppm y el promedio de la  $FC_{\text{máx}}$  que ha tenido durante las 16 sesiones es de 168,7 ppm. El promedio de la  $FC_{\text{máx-Teo}}$  es de  $181 \pm 4,9$  ppm y el de las  $FC_{\text{máx}}$  de todos los sujetos en todas las sesiones es de  $171,6 \pm 6,3$  ppm.

Según los datos de los promedios de las  $FC_{m\acute{a}x}$  de cada sujeto (tabla 7), la  $FC_{m\acute{a}x}$  media de la actividad agrupando todos los sujetos es de 171,5 ppm y el promedio de todas las  $FC_{m\acute{a}x}$  teóricas es de 181,1 ppm. Según estos datos, esta actividad se realiza a un 94,7% de esfuerzo, es decir, es de una alta intensidad de carácter submáximo.

Tabla 8.-  $FC_{m\acute{a}x}$  teóricas y promedios de las  $FC_{m\acute{a}x}$  por sujeto.

Sujeto	Edad (años)	$FC_{m\acute{a}x}$ -Teo (ppm)	$FC_{m\acute{a}x}$ (ppm)
1	24	191	169,7
2	47	174	179,9
3	34	183	178,3
4	34	183	162,3
5	47	174	163,5
6	39	180	167,7
7	38	181	170,5
8	36	180	174,9
9	38	179	178,9
10	33	182	169,9
PROMEDIO		181,1	171,6

## B. MEDIDAS DE FUERZAS

Los resultados detallados, por sujeto, de los diferentes test de fuerza para el tren superior e inferior, antes (Pretest) y después (Postest) de realizar las 16 sesiones de *Cross-circuit* se muestran en la tabla 9 y en la tabla 10 se muestran los resultados del análisis estadístico correspondiente.

Para comparar de forma rápida los posibles cambios en las fuerzas antes y después del entrenamiento con *Cross-circuit* se han representado en forma de histogramas los valores de las medias y las desviaciones típicas que figuran en la tabla 10.

En la Figura 9, se representan gráficamente los resultados de los test de fuerza máxima para tren inferior y tren superior. El RM promedio para el tren inferior fue de  $174,8 \pm 89,4$  kg en el pretest y de  $208,5 \pm 98,8$  kg para el postest. Se observa un incremento del 19% del RM entre los promedios de los test. El RM promedio para el tren superior fue de  $63,6 \pm 35,8$  kg en el pretest y de  $73,9 \pm 41$  kg para el postest. Hay un incremento del 16% del RM entre los dos promedios de los test. Las líneas negras encima de las barras de los histogramas representan el valor positivo de las desviaciones típicas correspondientes.



Tabla 9.- Resultados, por sujeto, de los diferentes test de fuerza para los trenes superior (TS) e inferior (TI), antes (PreT) y después (Post) de realizar las 16 sesiones de Cross-circuit.

Sujeto	RM TI (kg)		RM TS (kg)		Fondos 45'' (rep)		Salto plinto 60'' (rep)		Balón medicinal 2 kg (m)		Salto Vertical (cm)	
	PreT	Post	PreT	Post	PreT	Post	PreT	Post	PreT	Post	PreT	Post
1	171,5	225,2	75,5	86,7	35	37	42	53	11,43	12,83	36,5	41
2	nulo	nulo	106,4	123,3	34	46	55	57	8,45	9,56	42	45
3	68,6	103,0	16,9	19,3	12	20	25	34	4,6	5,63	28	31,7
4	106,0	128,7	19,0	21,2	14	25	39	43	5,46	5,6	33,5	34
5	46,5	53,4	12,4	14,4	10	13	27	31	4,73	4,86	24,5	29
6	270,3	309,0	70,5	95,4	24	27	26	30	10,28	12,15	45	46
7	212,0	257,5	73,7	95,4	33	39	39	49	11,03	12,26	41,5	44,5
8	187,3	203,6	70,7	76,2	36	37	39	42	8,43	8,5	45	45
9	192,9	234,9	78,8	86,9	41	45	37	50	11,15	11,64	45	45,5
10	317,9	360,4	111,8	120,0	42	44	50	53	12,1	13,2	46	46,8

(Las casillas en rosa son los resultados para las mujeres participantes y en azul para los varones)

Tabla 10.- Promedios de los resultados del pretest (PreT) y posttest (Post del tren inferior (ti) y tren superior (ts)), desviaciones típicas y errores de la media.

		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
F.Máx	RM ti PreT	174,7667	89,41357	29,80452
	RM ti Post	208,3989	98,82532	32,94177
F.Máx	RM ts PreT	63,554	35,77279	11,31235
	RM ts Post	73,872	40,99162	12,96269
F-Resist.	Fondos PreT	28,1	12,1605	3,84549
	Fondos Post	33,3	11,40224	3,60571
F-Resist.	Salto lat. PreT	37,9	9,92696	3,13918
	Salto lat. Post	44,2	9,78434	3,09408
F.Explosiva	Balón PreT	8,766	2,90786	0,91955
	Balón Post	9,623	3,27562	1,03584
F.Explosiva	Salto vert. PreT	38,7	7,73951	2,44745
	Salto vert. Post	40,85	6,68668	2,11451

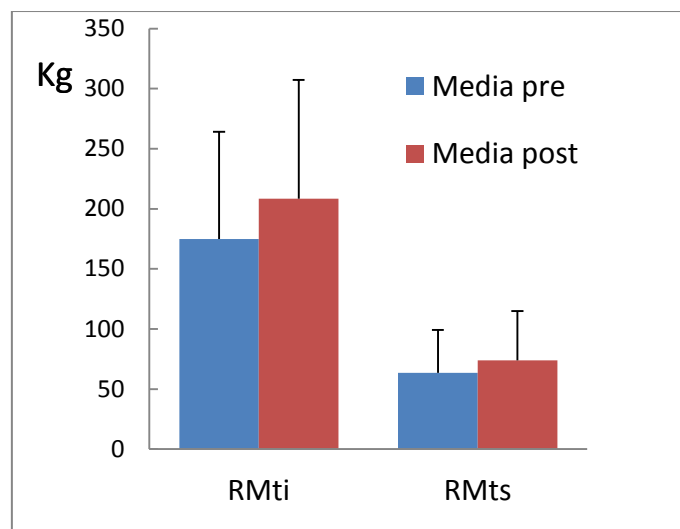


Figura 9.- Promedio de los resultados del pretest y del posttest del RM para el tren superior (RMti) e inferior (RMts).

En la figura 10 se muestran los resultados obtenidos en los test de fuerza-resistencia. El promedio de repeticiones en el pretest de fondos fue de  $28,1 \pm 12,2$  repeticiones.. En el posttest, el promedio fue de  $33,3 \pm 11,4$ . Existe un incremento del 19% en número de repeticiones de los fondos entre ambos test. El promedio de repeticiones en el salto lateral en el pretest fue de  $37,9 \pm 9,9$ , mientras que en el posttest fue de  $44,2 \pm 9,8$ . Se observa un incremento del 17% del número de repeticiones.

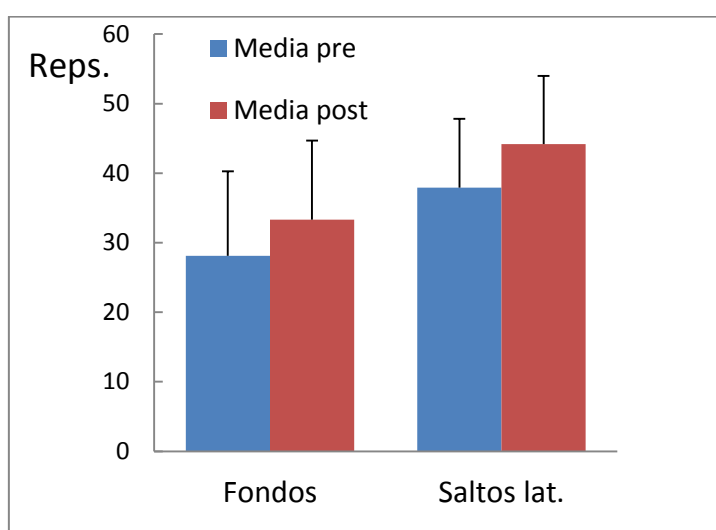


Figura 10.- Comparación de los promedios de los resultados de los pretest y posttest de fondos y de saltos laterales.

En la figura 11 se representan los resultados de los test de fuerza explosiva. En el lanzamiento de balón medicinal el promedio de distancia en el pretest fue de  $8,8 \pm 2,9$  m. En el posttest fue de  $9,6 \pm 3,3$  m. Hay un incremento de distancia del 10% entre ambos test. En el salto vertical, en el pretest hay un promedio de  $38,7 \pm 7,7$  cm; en el posttest es de  $40,8 \pm 6,7$ . Se ve un incremento de altura del 6% entre ambos test.

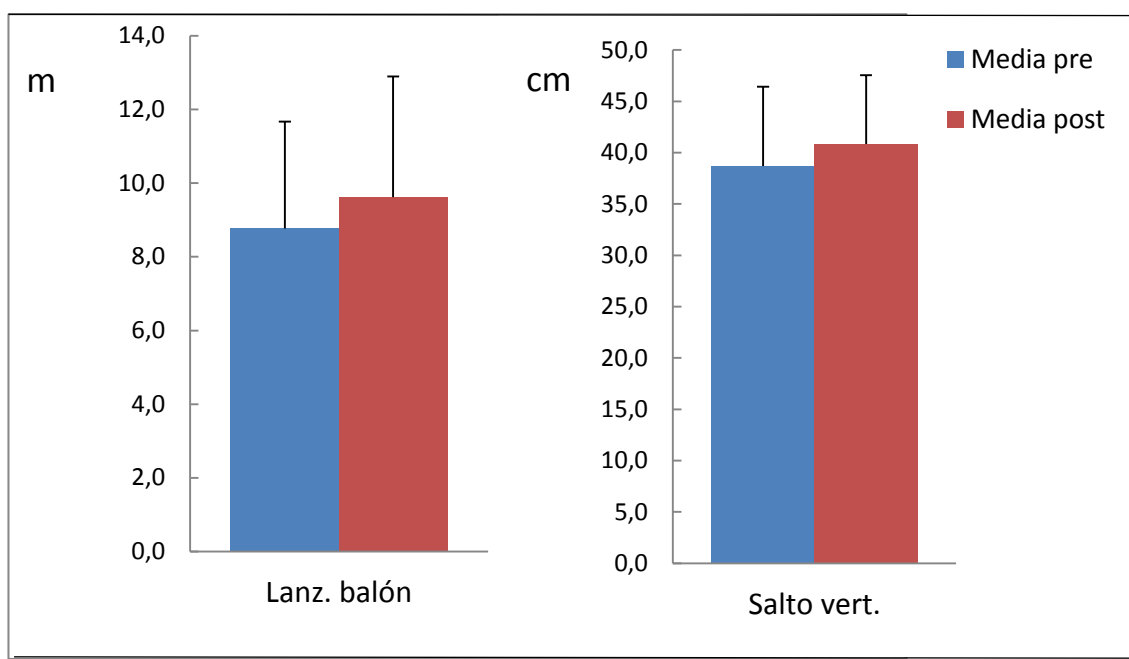


Figura 11.- Comparación de los promedios de los resultados de los pretest y posttest de lanzamiento de balón medicinal y de salto vertical.

### C. MEDIDAS DE BIOIMPEDANCIA

En la tabla 11 se exponen los resultados de las medidas de bioimpedancia por sujeto donde se muestra el peso de cada sujeto, su masa grasa (kg), su masa libre de grasa (kg) y su IMC. El promedio de grasa en el pretest fue de  $16,18 \pm 6,3$  % y de  $15,75 \pm 5,7$  % en el posttest. Hay un descenso del 2,7 % de materia grasa. En cuanto a la materia libre de grasa la media del pretest fue de  $59,95 \pm 14,53$  kg, mientras que la del posttest fue de  $60,1 \pm 14,13$  kg, produciéndose un aumento de un 0,25% estadísticamente no significativo.

Tabla 11.- Bioimpedancias de los diez sujetos antes (PRE) y después (POST) del estudio.

Sujeto	1		2		3		4		5	
Edad	34		38		38		38		36	
Medición	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Peso (kg)	94,6	94	71,1	73,4	63	62,7	71,7	69,7	54	54,3
Masa grasa (kg)	10,3	9,8	14,4	16,1	19,2	17,7	24,8	23,4	16	16,3
Masa libre de grasa( kg)	84,3	84,4	56,7	57,3	43,8	45	46,9	46,3	38	38
IMC	24,4	24,2	26,4	27,3	23,1	23	25,1	24,4	23,4	23,5

Sujeto	6		7		8		9		10	
Edad	39		46		34		47		24	
Medición	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
Peso (kg)	97,6	93,2	82	82,3	65,4	65,4	85,3	84,5	79,6	78,8
Masa grasa (kg)	25	22,7	18	18,4	7,5	7,5	18,7	18,1	7,9	7,5
Masa libre de grasa( kg)	72,6	70,5	64	63,9	54,9	57,9	66,6	66,4	71,7	71,3
IMC	30,8	29,4	26,8	26,3	22,4	22,4	26,9	26,7	24	23,8

(Las casillas en rosa son los resultados para las mujeres participantes y en azul para los varones)

## 5. DISCUSIÓN

Cada vez son más los estudios y las investigaciones que se llevan a cabo en la materia de la actividad física (Serra, Román, & Aranceta, 2006), a raíz de una creciente y progresiva evolución del material deportivo y de los aparatos biomédicos, los cuales nos permiten obtener una serie de registros y datos en tiempo real y de manera eficiente y precisa. Cabe decir que la creación de nuevas modalidades de actividad física condiciona la aparición de nuevas investigaciones o inquietudes con el fin de conocer con mayor precisión qué beneficios nos reportan y cómo nos afectan a la condición física estas disciplinas emergentes.

Este es el caso del *Cross-circuit*, el cual no llega a 10 años de edad, por lo que apenas existen estudios e investigaciones relacionadas con él. Existen, sin embargo algunos trabajos cuyos resultados justifican los beneficios de esta actividad (Tanimoto et al., 2008).

Como hemos comentado con anterioridad, este estudio consta de dos partes bien diferenciadas: las modificaciones de la frecuencia cardiaca y las de la fuerza.

## **Comportamiento observado en la actividad cardiaca**

La exposición prolongada y repetida del ejercicio puede causar cambios estructurales y funcionales en el sistema cardiovascular (Robergs & Roberts, 2002; Tanimoto et al., 2009). Lógicamente cada tipo de ejercicio o modalidad deportiva actuará diferente sobre los cambios que pueden producirse en el sistema cardiovascular.

En el *Cross-circuit* se trabaja de manera alterna, ya que se combinan ejercicios donde se trabaja en gran medida la fuerza resistencia con ejercicios aeróbicos en el *step*, donde se producen los incrementos de trabajo cardiaco durante la actividad. Al no existir periodos de reposo *intra-sesión*, se trabaja de manera muy intensa y continuada, observándose con claridad que en la actividad cardiaca se producen importantes incrementos del ritmo en los periodos en los que se trabaja con el *step*.

En las figuras 7 y 8 se observan variaciones importantes de la frecuencia cardiaca durante la sesión tipo en uno de los sujetos del estudio.

Nos parece muy interesante comentar algunas diferencias encontradas entre las dos gráficas, ya que abarcan los registros cardiacos de la actividad completa de la primera y la última sesión del estudio y por lo tanto nos sirve para mostrar la evolución de los registros de la frecuencia cardiaca durante el estudio.

Recordar que la actividad específica, como comentamos con anterioridad en el apartado de metodología, se produce entre los minutos 3 y 25 del registro cardiaco, ya que dejamos claro que el calentamiento y la vuelta a la calma no tendrían relevancia para nuestros resultados.

Hubo una diferencia significativa entre los picos de mayor intensidad (ppm máx.) de la frecuencia cardiaca en cada intervalo de trabajo aeróbico de la sesión tipo entre la primera y última sesión (tabla 7).

Estos resultados podrían estar asociados a una adaptación del sistema cardiovascular al ejercicio a lo largo del estudio. Para la misma intensidad de ejercicio, el esfuerzo cardiovascular será menor, como se puede comprobar en los diferentes intervalos, donde ha habido un descenso de las ppm máximas en todos ellos.

El entrenamiento o ejercicio físico en *Cross-circuit*, de manera similar a como sucede en otros ejercicios de forma continuada, induce una serie de adaptaciones fisiológicas morfológicas y funcionales sobre el sistema cardiovascular (Garrido-Chamorro, González-Lorenzo, Sirvent-Belando, Blasco-Lafarga, & Roche, 2009), que pueden variar según la influencia de varios factores tanto constitucionales (superficie corporal, sexo, edad, y factores genéticos) como externos (intensidad, duración y tipo de ejercicio). En este estudio, estas adaptaciones tienen su origen más en los factores

externos que en los internos, ya que la edad y el sexo de la muestra de población variaban en gran medida, pero el ejercicio o la actividad física que produjo esas adaptaciones era la misma.

En el análisis de los resultados se muestra la evolución que siguen los promedios de las  $FC_{máx}$ ,  $FC_{mín}$  y  $FC_{md}$  con el transcurso de las sesiones. El promedio de la  $FC_{máx}$  sigue una tendencia claramente descendente; la media de las  $FC_{md}$  también muestra una tendencia a la disminución, pero no tan marcada. Sin embargo la gráfica de las medias de las  $FC_{mín}$  no sigue ningún patrón claro de directriz descendente o ascendente, sino que muestra una oscilación que parece aleatoria. Este resultado es razonable, ya que la frecuencia cardiaca mínima tiene una mayor relación con el estado basal y la condición física y fisiológica propia de cada individuo.

Una vez que se obtuvieron las tablas de agrupación de los resultados de todos los registros de actividad cardiaca, consideramos adecuado hacer una comparación de los promedios de la  $FC_{máx}$  y la  $FC_{md}$  de las primeras 8 sesiones con las 8 restantes para analizar posibles modificaciones (tabla 6). Aparecen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la diferencia entre las  $FC_{máx}$  de las últimas y las primeras 8 sesiones (tabla 12), sin embargo para las diferencias de las  $FC_{md}$  el resultado no es estadísticamente significativo ( $p \gg 0,05$ ). Esto último puede deberse a que la disminución de la  $FC_{md}$  con el avance de las sesiones de entrenamiento es porcentualmente bajo, bastante menor que en el caso de la  $FC_{máx}$  y, por lo tanto, la diferencia entre los dos grupos de sesiones en  $FC_{md}$  puede ser un resultado aleatorio.

El descenso de la  $FC_{máx}$  puede deberse a que, conforme avanzaba el estudio, el sistema cardiovascular de los sujetos se adaptaba al mismo esfuerzo de forma más eficiente.

*Tabla 12.- Diferencias entre las promedios de las  $FC_{md}$  (Frecuencias cardiaca media) y  $FC_{máx}$  (Frecuencia cardiaca máxima) de las primeras 8 sesiones con las últimas 8 sesiones.*

	Media	Significación
$FC_{md}$ 1 a 8 - $FC_{md}$ 9 a 16	2,26	0,216
$FC_{máx}$ 1 a 8 - $FC_{máx}$ 9 a 16	4,95	0,01

## **Comportamiento manifestado en la fuerza:**

**Fuerza-resistencia.** En relación a los resultados podemos hablar de una mejora significativa ( $p=0,0$  en tren superior y  $p = 0,003$  en tren inferior) de la fuerza-resistencia en los individuos tras las 16 sesiones. En la sesión tipo estudiada, en todos los ejercicios se ejecutan repeticiones de forma continuada durante 60'', por lo que son claramente ejercicios de fuerza-resistencia. En los resultados del pretest y del posttest aparecen incrementos significativos ( $p < 0,05$ ) del número de repeticiones realizadas en cada prueba. Esto no es casualidad, ya que a la hora de establecer qué tipos de ejercicios se iban a incluir en los test de fuerza-resistencia, se tenía consciencia de que tanto los fondos de pecho como los saltos laterales en el plinto formaban parte de las "coreografías de step" de la sesión tipo y por lo tanto se podía prever que iba a producirse un incremento de repeticiones en el posttest. El entrenamiento en circuito es un método muy eficaz para incrementar la fuerza-resistencia del individuo a corto plazo (Badillo & Serna, 2002) , que es el caso del Cross-circuit y encaja con las limitaciones temporales del estudio, que transcurría en 10 semanas. Es interesante mencionar que son numerosos los deportes, tanto colectivos como individuales, donde en sus entrenamientos se trabaja con circuitos de ejercicios de series de corta duración y de un elevado número de repeticiones para aumentar la resistencia a la fuerza (Mirella, 2001).

**Fuerza máxima.** También ha aumentado significativamente ( $p = 0,002$  en tren superior y  $p = 0,001$  en tren inferior) en los dos test. Como los sujetos no estaban acostumbrados a realizar levantamientos de altas cargas de forma rutinaria, se decidió utilizar un test de RM indirecto (Brzycki, 1993). Señalemos que el mejor método para la evaluación de la fuerza máxima muscular es determinar la capacidad del individuo de levantar una repetición máxima con un test de 1 RM directo. Sin embargo este tipo de evaluación puede estar contraindicada en sujetos que no tienen experiencia previa en levantamientos de banco o prensa (Brzycki, 1993; Chapman, 1998), como era el caso de nuestro estudio, por lo que no se utilizó este método óptimo. Estos incrementos de la fuerza máxima pueden deberse a una mejora del sistema neural. Esta adaptación podría verse confirmada por los datos obtenidos en la bioimpedancia (tabla 11), en donde aparece que el perfil muscular aumenta un 0,25% y el graso disminuye un 2,7 %. Al no haber un incremento significativo de masa muscular, pero sí de la fuerza, se refuerza más esta teoría sobre la adaptación neural frente a la hipertrofia. Un trabajo planificado de forma racional puede inducir a estímulos y modificaciones complejas del sistema neuromuscular sometido a esfuerzo (Bosco, 2000), de tal forma que partiendo de una mejora de los niveles de fuerza muscular se pueden conseguir mejoras progresivas en la fuerza máxima y también de la fuerza explosiva.

*Fuerza explosiva.* En cuanto a esta manifestación de fuerza, el incremento porcentual de no ha sido tan grande como en las otras (figura 11), aunque sigue siendo significativo (con un  $p = 0,02$  para el tren superior y un  $p = 0,04$  para tren inferior), pero en menor medida, probablemente porque en la sesión tipo sólo había un ejercicio donde se manifestaba trabajo directo de la fuerza explosiva, los saltos unipodales. La fuerza explosiva tiene un efecto residual bajo (García-Manso, 1999), ya que es una de las capacidades del entrenamiento físico que antes se pierden si se deja de trabajar. La fuerza explosiva mejora a raíz del incremento de la fuerza máxima (Bosco, 1994).

Resulta interesante observar cómo todos los sujetos han experimentado ganancia de fuerza (tabla 9), teniendo en cuenta que no todos realizaban el ejercicio con la misma intensidad y velocidad de ejecución. Este resultado está de acuerdo con estudios previos que muestran que la ejecución de los ejercicios de forma controlada a una intensidad baja y la ejecución de estos con una velocidad de ejecución normal a intensidad más elevada, producen incrementos de fuerza similares (Tanimoto et al., 2008).

En cuanto a la fuerza las ganancias de esta en los hombres es mayor en el tren superior que en las mujeres. En los hombres la ganancia es del 14,1% y en mujeres del 12,1%. Sin embargo, en el tren inferior las mujeres experimentan un mayor incremento, obteniendo una ganancia del 22% frente al 15% de los hombres.

Tras la realización del análisis estadístico inferencial y la comparación de los resultados del pretest y del posttest se puede comprobar que en todas las manifestaciones de la fuerza ha habido resultados significativos ( $p < 0,05$ ) (tabla 13). Lo que nos indica que el efecto del entrenamiento de *Cross-circuit* es claramente positivo en cuanto a la modificación de la fuerza, frente a la hipótesis de que este tipo de actividad no tendría ninguna influencia.



*Tabla 13.- Grado de significación del pretest (PreT) y posttest (PosT) del tren inferior (Ti) y del tren superior (Ts)*

		Significación
Fuerza máxima Ts	RM ti PreT	0
	RM ti PosT	
Fuerza máxima Ti	RM ts PreT	0,003
	RM ts PosT	
Fuerza-Resistencia Ts	Fondos PreT	0,002
	Fondos PosT	
Fuerza-Resistencia Ti	Salto lat. PreT	0,001
	Salto lat. PosT	
Fuerza explosivo-balística Ts	Balón PreT	0,002
	Balón PosT	
Fuerza explosiva Ti	Salto vert. PreT	0,004
	Salto vert. PosT	

### **Comportamiento morfológico observado**

Se tomaron datos de la bioimpedancia de los sujetos con la Tanita (modelo BF 350), con el fin de comprobar los cambios o modificaciones generados en la composición corporal a lo largo de las 10 semanas (tabla 11). No ha habido ningún control sobre la dieta de los sujetos durante el estudio por lo que los resultados de los cambios morfológicos no tiene tanta validez como si hubiese habido dicho control. Es interesante indicar que ha habido una disminución del promedio de la materia grasa en un 2,7% y un ligero incremento de la materia libre de grasa del 0,25%.

## **6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

- El tamaño de la muestra. Al tratarse de 12 sujetos no podemos estandarizar los resultados obtenidos.
- No se ha podido hacer una diferenciación por géneros como consecuencia del pequeño tamaño de la muestra, por lo que sería interesante repetir el trabajo con muestras mayores para tener más sujetos de cada género.
- La muestra realizaba otro tipo de ejercicios de bajo impacto, por ello en futuras investigaciones deberían ser controlados o eliminados con mayor exactitud.
- Este estudio tiene una duración de 10 semanas. Sería interesante realizar el mismo estudio con una duración mayor para comprobar posibles mejoras.
- Los horarios en los que realizaban la actividad eran diferentes entre los sujetos. Siempre es adecuado en este tipo de estudios seguir un rigor de ejecución de la actividad para obtener unos resultados más fiables.
- No había un control exhaustivo de la alimentación, pese a que se les preguntó en las encuestas con anterioridad.
- La ausencia de un grupo control no nos permite estandarizar los resultados obtenidos.

## **7. CONCLUSIONES**

1. Un entrenamiento de 10 semanas de *Cross-circuit* es efectivo, demostrado por una reducción de la FC a lo largo de las sesiones y por un aumento significativo de las diferentes manifestaciones de la fuerza.
2. La exposición prolongada y continuada al ejercicio produce cambios funcionales en el sistema cardiovascular.
3. La Frecuencia cardiaca máxima disminuye significativamente para el mismo esfuerzo tras 10 semanas de actividad, así como la frecuencia cardiaca media.
4. Se producen un aumento significativo de fuerza máxima tras 10 semanas de entrenamiento, además de un incremento de la fuerza explosiva.
5. La metodología de trabajo del *Cross-circuit* produce mejoras muy significativas en la resistencia a la fuerza.
6. El porcentaje de grasa corporal disminuye y el y el de masa libre de grasa sufre un ligero aumento.

## **CONCLUSIONS**

- 1- Ten weeks Cross-circuit training is effective, evidenced by a heart rate reduction along the sessions and by a significant increase of the different strength manifestations.
- 2- Prolonged exposure and continued to the physical exercise produces functional changes in the cardiovascular system.
- 3- Maximum heart rate decreases significantly for the same effort along 10 weeks of activity, as well as the average heart rate does.
- 4- There is a significant increase of maximum strength after 10 weeks of training in addition to an increment of the explosive strength.

- 5- Cross-circuit work methodology produces very significant improvements in the resistance to the strength.
- 6- Fat percentage decreases and fat free mass level have a slight increase.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Badillo, J., & Serna, J. (2002). *Bases de la Programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona.
- Bosco, C. (1994). La valoración de la fuerza con el test de Bosco. (Paiodribo, Ed.)
- Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular: aspectos metodología* (p. 390). Barcelona: INDE Publicaciones.
- Bouzas Marins, J. C., Ottoline Marins, N. M., & Delgado Fernández, M. (2010). Aplicaciones de la frecuencia cardiaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(168), 251–258.  
doi:10.1016/j.apunts.2010.04.003
- Brzycki, M. (1993). Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88–90.  
doi:10.1080/07303084.1993.10606684
- Chapman, P. (1998). The 225-1b Reps-to-Fatigue Test as a Submaximal Estimate of 1-RM Bench Press Performance in College Football Players. *The Journal of Strength & ...*, 12(4), 258–261.
- García Manso, J. M., Navarro Valdivielso, M., & Ruiz Caballero, J. A. (1996). *Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte: evaluación de la condición física* (p. 89 y 187). Madrid: Editorial Gymnos, S.L.
- García-Manso, J. M. (1999). *La Fuerza*. Madrid: Ed. Gymnos.
- Garrido-Chamorro, R. P., González-Lorenzo, M., Sirvent-Belando, J., Blasco-Lafarga, C., & Roche, E. (2009). Desaturation Patterns Detected by Oximetry in a Large Population of Athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80(2), 241–248.  
doi:10.1080/02701367.2009.10599558
- Glassman, G. (2001). CrossFit. Retrieved from <http://www.crossfit.com>
- Letzeletr, H., & Letzeletr, M. (1990). *Entrainement de la force*. Paris: Vigot.
- Londeree, B. R., & Moeschberger, M. L. (1982). Effect of Age and Other Factors on Maximal Heart Rate. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53(4), 297–304.  
doi:10.1080/02701367.1982.10605252
- Matvéiev, L. (1982). *El proceso del entrenamiento deportivo* (p. 101). Editorial Stadium S.R.L.
- Mirella, R. (2001). *Nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad* (p. 258). Barcelona: Editorial Paidotribo.

- Robergs, R., & Roberts, S. (2002). *Princípios Fundamentais de Fisiologia do Exercício: para Aptidão, Desempenho e Saúde*. São Paulo: Phorte Editora.
- Serra, L., Román, B., & Aranceta, J. (2006). *Actividad física y salud: estudio enKid Vol. 6* (p. 2). Barcelona: Elsevier Masson.
- Tanimoto, M., Kawano, H., Gando, Y., Sanada, K., Yamamoto, K., Ishii, N., Tabata, I., et al. (2009). Low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation increases basal limb blood flow. *Clinical physiology and functional imaging*, 29(2), 128–35. doi:10.1111/j.1475-097X.2008.00847.x
- Tanimoto, M., Sanada, K., Yamamoto, K., Kawano, H., Gando, Y., Tabata, I., Ishii, N., et al. (2008). Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 22(6), 1926–38. doi:10.1519/JSC.0b013e318185f2b0

## ¡PARTICIPE!

-Obtendrá de forma totalmente GRATUITA un estudio personal sobre los cambios producidos en las capacidades mencionadas anteriormente.

-Conocerá de primera mano aspectos de sus condiciones físicas que desconoce.

-Comprobará los beneficios que le reporta una actividad tan completa como el Cross-circuit.

-Observará de manera real cómo el Cross-circuit mejora su rendimiento y le ayudará a motivarse.

-La persona que realiza el estudio le estará enormemente agradecida por su colaboración.

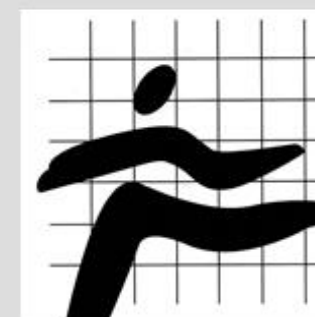
AL FINALIZAR SE LE REPARTIRÁ UN INFORME DE RESULTADOS A CADA PARTICIPANTE.



Información Centro:  
Calle de la Agricultura, 9, Polígono Lucas  
Mallada  
22006 Huesca  
Teléfono: 974 229966

Información del alumno:  
Teléfono: 600745944  
Mail: [eduardcas10@hotmail.com](mailto:eduardcas10@hotmail.com)

**MODIFICACIONES  
PRODUCIDAS SOBRE  
LA FRECUENCIA  
CARDIACA Y LA  
FUERZA TRAS 10  
SEMANAS DE  
ENTRENAMIENTO CON  
CROSS-CIRCUIT**



## Estudio sobre los cambios producidos en la Frecuencia cardíaca y las variaciones en los diferentes tipos de fuerza durante la práctica del Cross-circuit.

### Introducción

En el siguiente folleto hablaremos sobre un estudio de CCAFD (Ciencias de la Actividad Física y del Deporte) de la Universidad de Zaragoza en el que colabora principalmente el Centro Deportivo Parque Alameda y sobre todo aquellos que quieran formar parte de él.

El estudio será realizado por un estudiante de CCAFD del campus de Huesca.

### ¿En qué consiste el estudio?

Se trata de un estudio de una duración de 8 semanas en las que se realizarán una serie de pruebas y mediciones con el objetivo de:

-Observar las variaciones producidas en la frecuencia cardíaca durante la práctica del Cross-circuit (Frecuencia cardíaca máxima, frecuencia cardíaca media, frecuencia cardíaca en diferentes intervalos de la actividad).

-Determinar si se producen cambios en la fuerza explosiva, la fuerza resistencia y la fuerza máxima tanto en el tren inferior como en el tren superior.

### Estructuración del estudio

1-Realización de un pre-test al principio y otro igual al final donde obtendremos:

-Nivel de fuerza máxima: Método del RM

a) Tren superior: Máquina de press de pecho.

b) Tren inferior: Prensa de cuádriceps.

-Nivel de fuerza explosiva:

a) TS: lanzamiento balón medicinal.

b) TI: salto vertical con marca en la pared.

-Nivel de fuerza resistencia:

a) TS: máximo número de flexiones en un minuto.

b) TI: máximo número de saltos laterales sobre banco sueco durante un minuto.

2-Durante las clases de Cross-circuit se llevará un pulsómetro para registrar la frecuencia cardíaca y posteriormente analizar los datos obtenidos.

### ¿Dónde se realizará el estudio?

-El seguimiento de la Frecuencia cardíaca se realizará durante las sesiones de Cross-circuit.

-El pre-test y el test final se realizarán en el pabellón del C.D. Parque Alameda, antes de realizar el estudio y al finalizar el mismo (se les informará de la fechas para realizarlo y amoldarnos a esa disponibilidad).

### ¿Cómo participar?

-Se pasará una encuesta junto con este tríptico para conocer unos datos sencillos y su disponibilidad.

-Posteriormente, si usted va a participar le proporcionaremos un acuerdo donde nos dará su consentimiento para formar parte del estudio.

-No va a cambiar nada su rutina de actividad, simplemente se requerirá de dos días para que realice los test que serán de muy corta duración, así como llevar un pulsómetro durante la actividad.

-Sería conveniente venir al menos dos días por semana para tener datos más certeros.



## **ANEXO II**

### **ENCUESTA INFORMATIVA CROSS-CIRCUIT**

1-¿Cuánto tiempo lleva practicando *Cross-circuit* aproximadamente?

2-¿Cuántos días practica *Cross-circuit* semanalmente?

3-¿Realiza otra actividad además del *Cross-circuit*? (clase dirigida, sala de musculación, Racing Bike, etc).

4-¿Qué objetivos persigue con la práctica del *Cross-circuit*?

5-¿Considera que es una actividad completa? ¿Cree que es necesario complementarla con alguna otra actividad?

6-¿Le interesaría participar en un proyecto de investigación de un alumno de CCAFD de la universidad de Zaragoza sobre el Cross-circuit? (MIRAR TRÍPTICO ADJUNTO)

7-¿Tiene algún tipo de patología cardíaca diagnosticada o enfermedad que pudiera causar problemas durante la realización de la actividad?

En caso de que le interese participar, rellene estos datos por favor:

Nombre:

Apellidos:

Horarios habituales de realización de Cross-circuit:

Teléfono de contacto:

Una vez se recojan los datos de las encuestas y se sepa cuantas personas participarán les entregaré una hoja donde me darán su consentimiento para trabajar con ustedes.

¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

## **ANEXO III**

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

#### **PARA EL PACIENTE**

**Cambios producidos en la frecuencia cardiaca, la fuerza explosiva y la fuerza resistencia del tren superior e inferior en el Cross-circuit**

**Yo, ..... (nombre y apellidos del participante)**

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.

He hablado con: Eduardo Arnaudas Casanueva

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- 1) cuando quiera
- 2) sin tener que dar explicaciones
- 3) sin que esto repercuta en mis cuidados médicos

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Deseo ser informado sobre los resultados del estudio:    sí    no    (marque lo que proceda)

He recibido una copia firmada de este Consentimiento Informado.

Firma del participante:

Fecha:

He explicado la naturaleza y el propósito del estudio al paciente mencionado

Firma del Investigador:

Fecha:

Consentimiento informado estudio \_\_\_\_\_

Versión \_\_\_\_\_, fecha \_\_\_\_\_

